

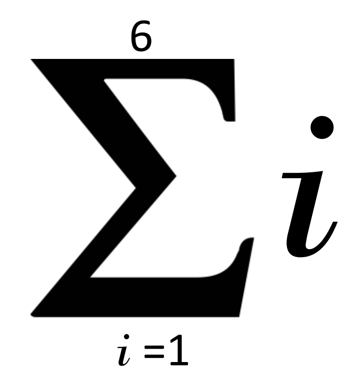
Introducción a la Ingeniería Civil
USM San Joaquín



INFORME 1 VISITA LÍNEA 3 DEL METRO DE SANTIAGO

DESARROLLO DE UN PLAN DE EMERGENCIA PARA RESPONDER RÁPIDAMENTE A UNA GRAN INFILTRACIÓN DE AGUA A TRAVÉS DE UNA GRIETA EN LA PARED DEL TÚNEL CREADA POR UN TERREMOTO





CONSULTORA: SUMATORIA DE 1 HASTA 6

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SANTIAGO, 20 DE ABRIL DE 2018

INTEGRANTES:

VALENTINA CAAMAÑO

FRANCISCA LAMOZA

JAVIERA OYANEDER

DIEGO PÉREZ

FRANCISCA PREUSS

ISAAC URRA

TABLA DE CONTENIDOS

I. RESUMEN EJECUTIVO

1. ¿En qué consiste el problema a investigar?
   La consultora ha acudido a las instalaciones de Metro de Santiago con el fin de averiguar sobre como ocurren y como se tratan las fugas de agua durante la construcción de una nueva estación o después de que esta esté construida.

2. ¿En qué consiste el proyecto?
   El proyecto del que trata el informe es conocer cómo se solucionan las filtraciones de agua en los túneles de metro, investigar acerca de aquello y como los sismos que sufre la capital afectan a la construcción y pueden incrementar las fugas; finalmente a partir de todo esto, se busca mejorar las soluciones ofrecidas por el actual sistema.

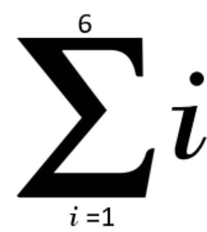
3. ¿Qué buscamos conseguir?
   Se necesita investigar y experimentar, además de preguntar al ingeniero a cargo para llegar a la solución óptima para el proyecto de Metro S.A respectivo a la línea 3 y la existencia de fugas de agua, además de los problemas que le siguen, como el tratamiento de las aguas recolectadas, puntualmente después de la ocurrencia de un sismo.

II. INTRODUCCIÓN

Con respecto a la contingencia nacional, política y económica, la cual se trata de los recursos que se inyectan cada año desde el presupuesto fiscal al transporte público, y se critica si hay una relación coherente entre todo el dinero que se entrega y la calidad del servicio que se devuelve. Pero centrándose en el metro de Santiago y teniendo una visión un poco más amplia que la de vagones llenos, evasión, y delincuencia; en realidad ¿Chile le toma el peso a la calidad de la obra y la magnitud de un proyecto como el metro en la región metropolitana?

La construcción del proyecto Metro comenzó alrededor del 1968 y 1969, tras la creación de la Dirección General de Metro a cargo del MOP (Ministerio de Obras Públicas). La primera técnica para construir las estaciones fue la de corte y cubierta, método que muy pronto fue cuestionado y debió ser cambiado por el método NATM (New Austrian tunneling method). Para el año 2000 ya estaban construidas las líneas 1,2 y 5 del metro de Santiago casi como las conocemos hoy en día, la línea 4 estaba planificada y la línea 3 había sido postergada por años.

En la actualidad, la línea 3 está pronta a ser inaugurada y la consultora



$$\sum_{i=1}^{6} i$$

ha tenido la oportunidad de ir al lugar donde se encontrara la estación Universidad de Chile. A lo largo del siguiente informe se compartirán preguntas de interés general respecto a temas de natural relevancia y, junto con esto se exponen actividades relacionadas con la visita.

III. INTEGRANTES

i. FORTALEZAS PERSONALES

Valentina Caamaño

- Editor (Trabajo)
- Socializador (Apoyo)

Francisca Lamoza

- Modelador (Trabajo)
- Organizador (Funcional)

Javiera Oyaneder

- Artista (Trabajo)
- Armonizadora(Apoyo)

Diego Pérez

- Solucionador creativo (Trabajo)
- Colaborador (Funcional)

Francisca Preuss

- Matemático, Ciencia (Trabajo)
- Mediador (Funcional)

Isaac Urra

- Supervisor (Trabajo)
- Coordinador (Funcional)

ii. ROLES Y CONTRIBUCIONES

De acuerdo con nuestras habilidades hemos decido como consultora establecer la siguiente designación de roles, basándonos en las habilidades y preferencias de cada persona, buscando un trabajo más eficiente y menos tedioso. Se indicará a continuación:

- <u>Valentina Caamaño</u>
  Realizará la recopilación de información del Metro.

- <u>Francisca Lamoza</u>
  Buscará información sobre el efecto potencial de los terremotos a la infraestructura sub-suelo, y ordenará la información para poder realizar el informe de manera correcta.

- <u>Javiera Oyaneder</u>
  Ejecutará las grabaciones de voz en la salida a terreno; además, confeccionará la Carta Gantt.

- <u>Diego Pérez</u>
  Efectuará el anexo del informe; se espera que además contribuya en diversas tareas para la realización correcta del informe.

- <u>Francisca Preuss</u>
  Llevará a cabo la conclusión del informe utilizando la información que sus pares le entregarán a lo largo de la realización del informe.

- <u>Isaac Urra</u>
  Hará el resumen ejecutivo y la introducción del informe.

iii. CARTA GANTT

Actividades	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	29-abr	30-abr	01-may	02-may
Visita Metro(Se realizaron preguntas)	P												
	A												
Recopilar información		P			P								
		A			A								
Fotografías	P												
	A												
Inicio del informe					P	P							
					A	A							
Resumen ejecutivo												P	
												A	
Introduccion										P			
											A		
Anexo										P			
										A			
Información del contrato										P			
											A		
Informacion del metro										P			
										A	A		
Tabla de contenido												P	
												A	
Carta Gantt 1 y 2					P	P							
					A			A	A				
Conclusión												P	
												A	
Lista numero 1												P	
													A
Autoevaluación													P
													A

LEYENDA		
		Todos
		Valentina Caamaño
		Javiera Oyaneder
		Francisca Lamoza
		Francisca Preuss
		Diego Pérez
		Isaac Urra
	P	Plan
	A	Actual

IV. CONTENIDOS

i INFORME DE LA VISITA

a. Construcción

El método de excavación utilizado en las primeras construcciones del metro fueron los llamados "corte y cubierta", en los cuales se cava una zanja desde la superficie, pero este tipo de excavación generó molestias en la gente que vivía en los alrededores, por ende, en la actualidad se utiliza el método NATM "New Australian Tunneling Method", que se basa en una excavación por partes del túnel y su rápida fortificación (ver ilustración 1). Además, este nuevo método permite abaratar costos.

La excavación por partes se realiza en avance y se procede al sostenimiento del terreno con una primera capa de hormigón proyectado, la colocación de cerchas y una segunda capa de hormigón proyectado. A continuación, se sigue con la colocación de bulones que aseguran las cerchas. La excavación de la segunda parte del túnel se realiza en dos partes: Se excava una primera bancada más ancha e inmediatamente después se realiza la prolongación del sostenimiento, solapando las cerchas mediante proyectado de hormigón. Luego se realiza la excavación de la siguiente bancada y repitiendo el proceso se logra excavar por completo el túnel.

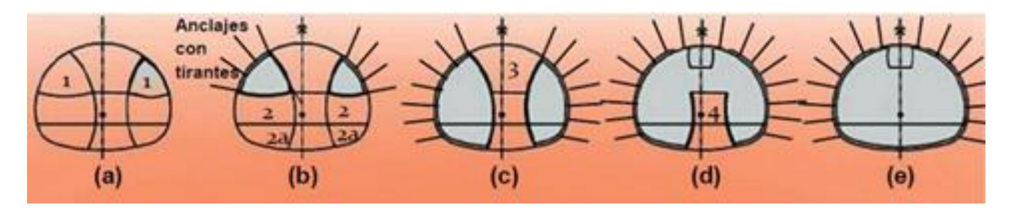


Ilustración 1- Modelo de excavación por NATM

Las primeras líneas que fueron construidas fueron las líneas 1 y 2. El suelo de Santiago en el área perteneciente a estas líneas está constituido por gravas arenosas y, bajo este, una grava arenosa arcillosa. Pero esto no fue un problema para la excavación de túneles ni la creación de la red de metro.



Ilustración 2- Plano de red del metro de Santiago.

b. Creación hormigón proyectado

El uso de hormigón proyectado (ver ilustración 3), es primordial en la excavación y construcción de túneles. Este consiste básicamente en proyectar a altas velocidades hormigón (una mezcla de cemento y agua) sobre las paredes del túnel, impulsado por aire comprimido a través de mangueras.

Es una mezcla de carácter seco y que se consolida por la fuerza de impacto provocada por la gran velocidad con la que se dispara. Permite una impermeabilización ya que no posee poros y además garantiza resistencias mayores y una buena consolidación en las estructuras donde se aplique, que en este caso sería en las paredes de un túnel.



Ilustración 1- Hormigón proyectado siendo aplicado para el sostenimiento de un túnel

c. Capacidad, Seguridad y Salud de los Trabajadores

En el ámbito de la seguridad de los trabajadores, siempre han de usar los debidos elementos de seguridad tales como casco, mascarilla, chaleco reflectante, zapatos de seguridad, entre otros. Ingresan al área de trabajo a través de un pique, que a la vez permite también la ventilación del túnel.



Ilustración 3- Pique de ingreso de trabajadores.

d. Suelo

Excavación:

La elección del método de excavación de un túnel depende de varios factores dentro de los que destacan el tipo de terreno a excavar y su longitud. Para elegir el método de excavación, se deben tomar en cuenta varios factores, tanto económicos como de tiempo de ejecución.

La maquinaria utilizada para estas excavaciones, es generalmente: martillos manuales, martillos hidráulicos o utilización de track dril.

Existen diversos tipos de excavación de túneles, entre ellos se encuentran:

1.1 Excavación mediante el uso de explosivos: Se debe tomar en cuenta que producen vibraciones que hacen muy complicada su utilización en zonas urbanas o con edificios próximos.

1.2 Excavación mecánica: Entre ellos se encuentras las máquinas tuneladoras, que son llamadas de diversas formas, tales como: Las máquinas topo, tuneladoras o TBM (Tunnel Boring Machine). Estas son máquinas integrales de construcción de túneles, ya que tienen la capacidad de excavar rocas o suelos, retirar los escombros y aplicar el revestimiento del túnel por sí solas. Existen diferentes tipos tales como tuneladoras para roca o suelos blandos, entre otros.

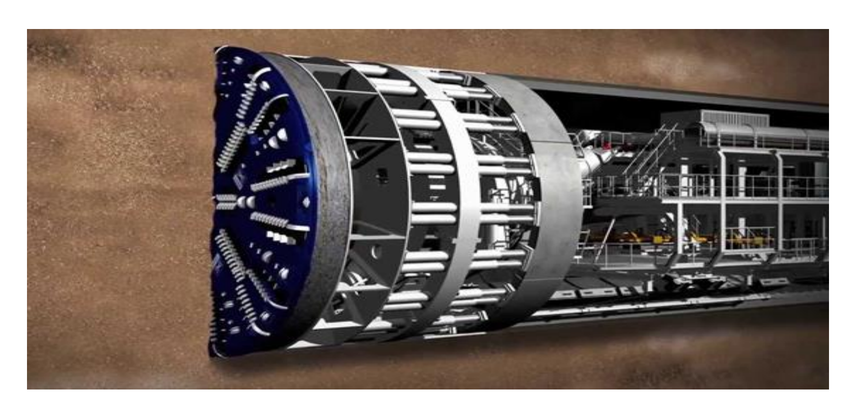


Ilustración 4- Máquina tuneladora (TBM) que se usa para la creación de ferrocarriles.

Para la extracción de material, existen diversos tipos de equipo de rezaga, sin embargo, los más utilizados son aquellos que van montados sobre vía o sobre neumáticos. El transporte que corre sobre rieles tiene un mayor rendimiento ya que se pueden utilizar grandes trenes para evacuar de un solo viaje. Por otro lado, el transporte sobre neumáticos se adapta mejor a las pendientes, es más flexible y se utiliza, sobre todo en túneles de gran sección, como los túneles carreteros.

Para realizar un transporte rentable y eficaz es indispensable construir caminos hacia el frente de excavación y mantenerlos libres de obstáculos para que los vehículos operen con las velocidades habituales e impedir el deterioro de los neumáticos.

e. Problemas observados

Un problema observado en la construcción, no solo de la estación Universidad de Chile de la línea 3, sino que en toda la línea es la demora de la construcción; esto porque la excavación de túneles, su sostenimiento y posteriormente su revestimiento, es un proceso lento porque no fue utilizada una máquina tuneladora, que a pesar de tener un costo mayor permite la realización simultánea de varios trabajo,sino que fue utilizada la excavación mecánica.

ii EFECTO POTENCIAL DE LOS TERREMOTOS A LA INFRAESTRUCTURA SUB-SUELO

Las placas tectónicas que forman la Tierra se desplazan sobre o bajo ellas mismas originando lentos cambios en la topografía. En el caso de que éste desplazamiento sea dificultado, se comienza a acumular energía de tensión que en algún momento será liberada, ocasionando que una de las placas se mueva de modo tal que rompa a la otra; liberándose así una gran cantidad de energía, la cual originará finalmente el Terremoto. Si éste ocurre más cerca de la superficie provocará un sismo de intensidad mayor, sucediendo lo contrario si es en profundidad.

Un terremoto puede producir licuefacción (proceso por el cual el suelo pierde su firmeza y fluye como resultado de los esfuerzos provocados), este fenómeno es una de las principales causas de mayor destrucción luego de que un sismo tiene lugar; ya que es capaz de desplazar, hundir o volcar infraestructuras.

La licuefacción se produce principalmente en suelos arenosos y gravosos. El potencial de esta dependerá de:

1. Naturaleza del sismo (intensidad, duración y profundidad).
2. Susceptibilidad del material (porcentaje de vulnerabilidad).

En el caso específico de la infraestructura de transporte de personas, Metro, se hablará de que estructuralmente no se producirán daños en los túneles, quizás si en las pasarelas o escaleras, pero será un deterioro de magnitud mínima. En cambio, donde podemos encontrar fallas es en las propiedades mecánicas del material y en lo referido al agua, porque se podrían producir infiltraciones de esta lo que provocaría shocks eléctricos, y por tanto este tipo de transporte no podría funcionar, lo que es perjudicial para todas aquellas personas que necesitan de este día a día.

En conclusión; el efecto potencial de los terremotos a la infraestructura sub-suelo se puede minimizar acatando las normas de construcción preestablecidas para este tipo de estructuras.

iii CARTA GANTT- FASE 2

Actividades	02-may	04-may	09-may	11-may	16-may	18-may	30-may	31-may	01-jun	02-jun	03-jun	04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun
Recopilacion de informacion en clases	P		P		P											
Laboratorios		P		P		P										
Desempeño de hormigon vs tiempo										P	P					
Desempeño de acero										P	P					
Cantidad de agua que pasa por el suelo										P	P					
Factores que favorecen la infiltracion de agua										P	P					
Diagrama de espina de pescado												P	P			
Sistemas mecanicos								P	P			P				
Calculo comparativo del espacio y tiempo para sus instalaciones										P	P					
Carta Gantt 2 y 3											P		P		P	
Lista numero 2										P	P					
Autoevaluación															P	P
Edicion del informe														P	P	P
Modelo de la pared del túnel										P	P					
Comportamiento del hormigón, acero y suelo											P	P				



iv LISTA NÚMERO 1

- <u>Valentina Caamaño</u>
  Encargada de la gramática y diseño del informe, debido a que presenta una gran fortaleza en el ámbito de la edición y lingüística. Tuvo una gran responsabilidad al momento de la finalización del informe, ya que corrigió la ortografía y alistó los últimos detalles.
- <u>Francisca Lamoza</u>
  Encargada de la organización y distribución de las diversas actividades que se realizarán a lo largo de esta actividad, por lo que se le designó como la coordinadora de la consultora. Fue la encargada de distribuir todas las tareas a cada integrante del grupo cumpliendo con su rol de líder, asignando las tareas correspondientes a cada integrante con respecto a las habilidades de cada uno.
- <u>Javiera Oyaneder</u>
  Encargada de la estética del informe y la mantención de un ambiente de trabajo adecuado, en base a las habilidades que presentaba. Gracias a ella se logró un correcto ambiente de trabajo sin mayores contratiempos y de una forma productiva.
- <u>Diego Pérez</u>
  Encargado de la redacción, con la finalidad de que el lector comprenda sin la necesidad de que tener un conocimiento previo de las palabras técnicas que se usan. Gracias a su fortaleza de colaborador se pudieron terminar todas las actividades tediosas que ningún otro integrante pudo realizar de forma exitosa y en el tiempo estimado.
- <u>Francisca Preuss</u>
  Mediadora entre los integrantes con la intención de evitar futuros conflictos. Tuvo una gran responsabilidad al momento de la conclusión del informe, ya que gracias a su rol de mediadora pudo opinar de tal manera que representó muy bien el pensamiento de toda la consultora.
- <u>Isaac Urra</u>
  Encargado de introducir al lector en el tema, de tal manera que cualquier persona pueda comprenderlo, por lo que utilizó un lenguaje simple. Fue el encargado de realizar el resumen ejecutivo y la introducción debido a su habilidad de coordinador y supervisor del trabajo.

v AUTOEVALUACIÓN

Escala de Like: 1 = Muy Mala, 2 = Mala, 3 = Regular, 4 = Bueno, 5 = Muy Bueno

CATEGORÍA	PREGUNTA	RESPUESTA	
		Número	Texto o Likert
RENDIMIENTO	¿Cuántas reuniones organizó el equipo?	7	
	¿Qué tan efectivamente trabajaron juntos según		
	• Organización interna en Likert 1-5		1 2 3 4 5 ★(5)
	• Creación de ideas en Likert 1-5		1 2 3 4 5 ★(4)
	• Contribución equitativa al trabajo		1 2 3 4 5 ★(4)
AMBIENTE DE TRABAJO Y RELACIÓN ENTRE LOS INTEGRANTES	¿Cuál fue el medio más efectivo de comunicación que usó el equipo?		En persona.
	¿**Cómo** sientes que fue la comunicación entre los integrantes?		1 2 3 4 5 ★(5)
	Evalúe el ambiente según en Likert 1-5		1 2 3 4 5 ★(5)
	Confianza entre los integrantes		1 2 3 4 5 ★(5)
	Comodidad de la relación entre los integrantes. Llevarse con los otros integrantes		1 2 3 4 5 ★(5)
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DENTRO DEL EQUIPO	¿El equipo tuvo problemas para trabajar?		*Si* *No* ★
	Si la respuesta es sí, qué tan efectivamente el equipo trató con ellos en Likert 1-5		1 2 3 4 5
FORTALEZAS - DEBILIDADES	¿Cuáles son las fortalezas de su equipo? Nombrar	Las fortalezas del equipo son: la responsabilidad, empatía y organización.	
	¿Qué debilidades tiene su equipo?	Las debilidades son: la distribución del trabajo	

	Si la respuesta es positiva, ¿cuáles son sus planes para resolverlas o sacar adelante?	Planificar de manera estructurada de la Carta Gantt para poder distribuir de manera efectiva las tareas a realizar.

V. CONCLUSIÓN

Desde que empezamos con el proyecto de la visita al metro, en clases, el Coach nos explicó sobre cómo se construyen los subterráneos para el funcionamiento del metro, los materiales que se ocupan para su construcción, y nosotros debíamos averiguar cuál es el efecto de las filtraciones de agua y de movimientos sísmicos en los túneles del tren subterráneo, al bajar al subsuelo pudimos ver en persona como es la experiencia de trabajar en la construcción del metro, y pudimos responder todas las dudas personales que teníamos para este trabajo. Fue una experiencia muy enriquecedora para nosotros como grupo porque muchos pudimos reafirmar nuestro gusto por esta carrera, y pudimos observar lo que algunos ingenieros civiles hacen día a día.

El tema principal de este trabajo no fue solo entender lo que sucede cuando hay filtraciones o terremotos, sino poder hacer un grupo de trabajo con personas que no conocemos muy bien, y poder hacer un trabajo en donde cada uno aportó con las habilidades que posee.

Con esto, podemos concluir que este trabajo nos dio más conocimientos sobre la construcción del metro, que pasa cuando hay filtraciones de agua o terremotos en los túneles; y también nos ayudó a trabajar como equipo, que es algo muy importante en nuestra carrera, ya que los ingenieros civiles tienen que trabajar con diferentes profesionales en una obra.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- https://arquigrafico.com/hormigon-proyectado-ventajas-y-usos/
- http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_Tuneles/CAP07.pdf
- http://bestsupportunderground.com/natm-shotcrete/
- http://diario.latercera.com/edicionimpresa/metro-costos-y-plazos-de-lineas-3-y-6-estan-dentro-de-lo-comprometido/
- www.sct.gob.mx
- http://blogs.hoy.es/ciencia-facil/2013/03/01/tiembla-la-naturaleza/
- https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2014/doc/informacion/Mapa_de_Actualizacion_Carta_Uso_de_Suelo_en_la_Region_Metropolitana_2012.pdf
- https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132013000200001
- http://www.portalhuarpe.com.ar/medhime20/Talleres/TALLERES%20CUIM/Taller%2013/03%20licuefaccion/que_es_la_licuefaccion_de_suelos.html

VII. ANEXO

Como consultora a continuación les dejaremos unas interrogantes, sacadas de la entrevista que realizamos al ingeniero a cargo de la visita a la estación Universidad de Chile de la línea 3 del metro de Santiago, con sus respectivas respuestas que les pueden servir de ayuda para entender mejor el funcionamiento del metro frente a problemas cotidianos relacionados con las infiltraciones de agua y los efectos potenciales de los terremotos.

1. <u>¿Cuáles son las causales originales de filtraciones de agua en el metro?</u>
   En un inicio se creía que era por la presencia de napas subterráneas, pero cuando se estudiaron los componentes del agua se dieron cuenta que en realidad esta provenía de cañerías muy antiguas y que poseen filtraciones por todos lados.
2. <u>¿Cuál es la correcta aplicación del shotcrete y en qué se diferencia con el revestimiento?</u>
   Primero que nada, se hace una excavación y se termina la bóveda, luego se coloca la lechada o shotcrete que se usa como sello antes de poner la malla sobre la tierra, después de esta se instala un marco articulado con tres fierros principales. Cuando se termina este proceso se proyecta el hormigón, este al momento de impactar se adhiere ya que posee un aditivo y así se le da la forma al túnel. A diferencia del shotcrete, el revestimiento tiene una función de terminación.
3. <u>¿De qué manera responde la compañía cuando dentro de sus excavaciones se encuentran con napas subterráneas?</u>
   Primero se redirige el agua de las napas evitando que este pase por la electricidad, luego de concentrar el agua en un punto esta se bombea hacia la superficie, esto es a los colectores.
4. <u>¿Cómo lo hacen para evitar que les caiga agua a las personas?</u>
   Se coloca una membrana impermeable solo sobre el sector donde transitan las personas y no sobre las vías del tren o en otros lados ya que en caso de haber una gotera sobre la vía esta se tapa con una espuma que se expande al contacto con el agua llamada espuma de poliuretano expansiva.
5. <u>¿En caso de existir un terremoto, los vagones podrían descarrilarse o al comienzo de este movimiento los carros se detienen automáticamente?</u>
   En caso de un terremoto en el metro no pasaría nada ya que el movimiento a esa profundidad es casi imperceptible y aparte la estructura del túnel es muy estable debido a su forma de parábola.

A continuación, se presentan imágenes relacionadas con las preguntas expuestas anteriormente.

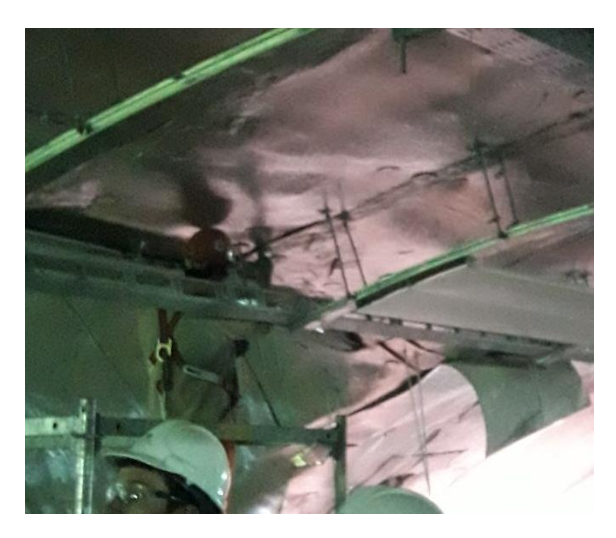


Imagen 1- Trabajador colocando la espuma de poliuretano expansiva

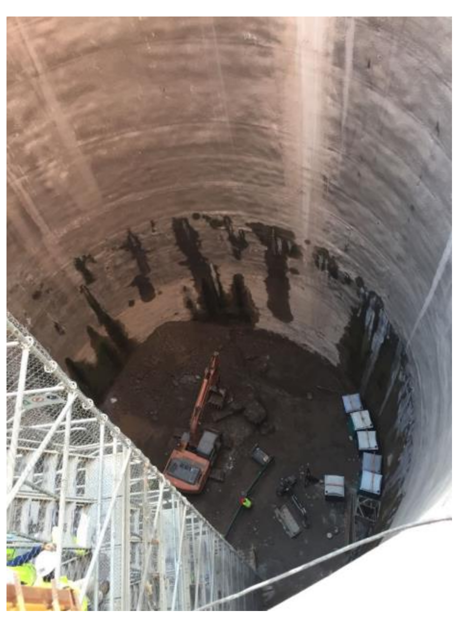


Imagen 2-Entrada a Metro desde la superficie

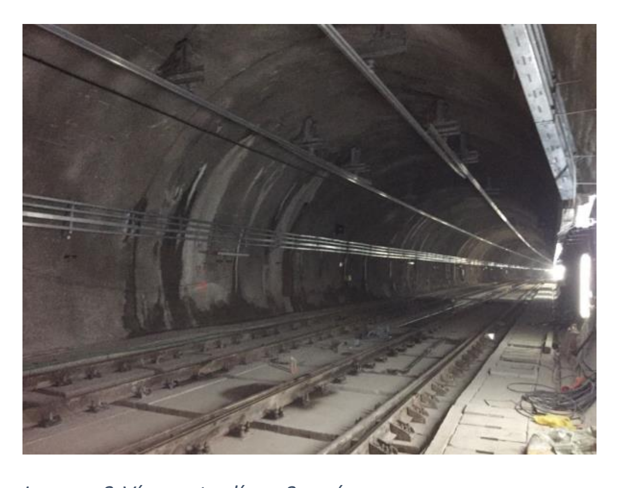


Imagen 3-Vías metro línea 3 vacías

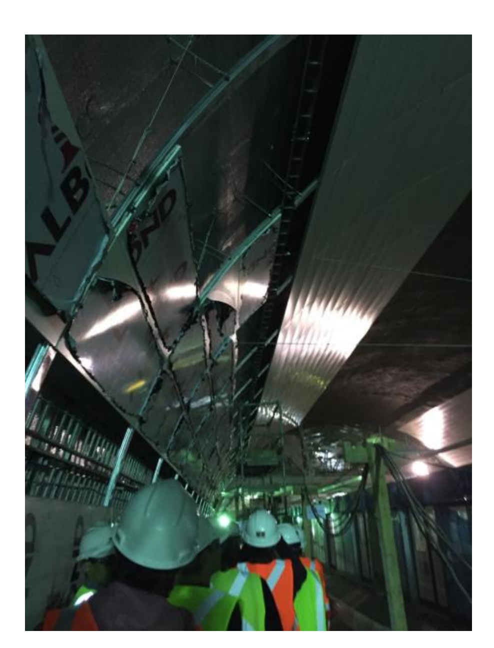


Imagen 4-Anden de metro Universidad de Chile Línea 3

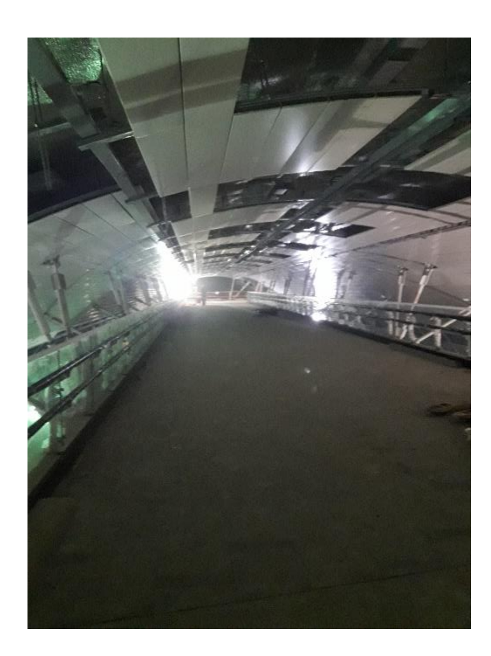


Imagen 5-Futura estación de metro